

Département d'informatique

Unité de formation et de recherche

de mathématiques et d'informatique

Université de Strasbourg



## Sujet de postdoc 2021-2022

### Convergence des déformations de l'espace et de surfaces en 3D

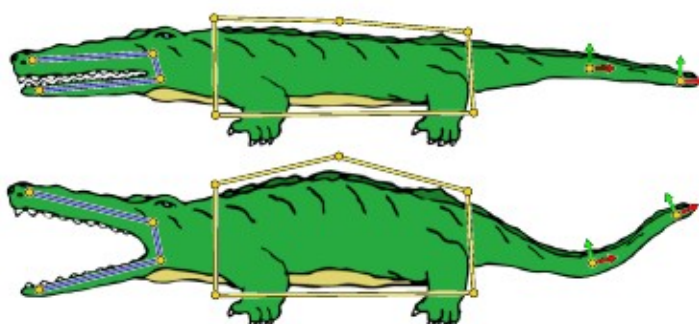
**Localisation :** Le poste est à pourvoir dans l'Équipe **IGG** (Informatique Géométrique et Graphique) du Laboratoire **ICube** (Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie), à Strasbourg

**Candidature :** intention à envoyer à D. Bechmann, professeure en informatique, à confirmer par CV et lettre de motivation (bechmann@unistra.fr)

**Poste** en CDD 2250€ NET/mois, date de début à convenir, 12 à 15 mois possible

**Contexte :** Actuellement, pour déformer interactivement un objet 3D, deux familles de déformations co-existent, celles qui déforment directement la surface maillée de l'objet, et celles qui définissent une déformation de l'espace 3D au travers d'outils variés et multidimensionnels et l'appliquent ensuite aux points de la surface. L'avantage des déformations de l'espace est, entre autres, que le coût n'est pas lié à la taille de l'objet. Par contre, la déformation de surfaces permet un contrôle fin permettant la conservation de détails. L'enjeu serait de combiner ces deux types de déformation en deux passes, une première passe rapide et grossière de déformation de l'espace et une seconde de la surface qui serait grandement simplifiée en partant d'un objet proche de l'objectif. Le challenge sera également de cacher les formulations mathématiques complexes derrière une interface utilisateur intuitive et de les implanter de manière robuste et efficace.

**Compétences requises :** Le candidat est diplômé d'une thèse de doctorat dans le domaine informatique graphique de la modélisation géométrique. Il possède les compétences lui permettant de traiter une problématique scientifique et de développer une application 3D. Des compétences en géométrie différentielle pour des formulations continues ou discrètes, en analyse numérique et en optimisation pour la résolution de systèmes d'équations linéaires ou non, seront nécessaires. Doté d'un bon relationnel il devra faire preuve d'initiative, de créativité et d'autonomie pour assurer sa mission. Il devra également faire preuve d'un bon niveau d'anglais pour la rédaction d'articles scientifiques. Il est attendu que le post-doctorant ait une activité de publication dans des canaux de qualité.



**Missions :** Les enjeux de ce travail autour des déformations 3D sont variés :

- outils de forme variée pour épouser au mieux la forme de l'objet, et de dimension différente selon que l'utilisateur voudra déformer l'objet via une zone d'influence autour d'un point à déformer, via un squelette ou une enveloppe surfacique ou cage à éditer ou encore via un volume dont l'intérieur permet de déformer l'intérieur de l'objet 3D,
- déformation lisse de la surface de l'objet, globale aussi rigide que possible, locale avec contrôle de la zone d'influence, conservant les angles de l'objet pour préserver les détails de l'objet, empêchant les auto-intersections de l'objet sur lui-même, à volume constant de l'objet,
- de résolution variable afin de proposer un nombre contrôlable de degrés de liberté.

La première mission de ce projet serait de pouvoir appliquer simultanément des déformations basées sur des outils de différentes dimensions comme illustré dans [1] sur le crocodile qui ouvre la bouche à l'aide d'un outil axial, grossi grâce à une cage autour de son ventre et dont le mouvement de la queue est contrôlé par deux points.

Dans la pratique, les déformations basées sur un outil de déformation procèdent en 3 étapes :

1. construction d'un outil de déformation,
2. association de tous les points de l'objet à l'outil de déformation (*bind time*),
3. déformation simultanée de l'outil et de l'objet par invariance de l'association (*pose time*).

Une première étape, bibliographique, consistera à étudier les modèles de déformation pour chaque dimension d'outil, le type d'outil ayant un impact sur les déformations qu'il est possible de réaliser. Les modèles de déformation existants proposent des outils de différentes dimensions :

- des cages,
- des volumes,
- des axes ou squelettes,
- des points.

Pour les trois derniers types d'outils, on pourra s'appuyer sur un article de référence [2-Bec08]. Pour les outils de type cage, il faudra étudier des travaux plus récents basés sur des coordonnées barycentriques généralisées comme les Mean Value Coordinates (MVC) [3, 4, 5, 6], les coordonnées harmoniques [7] ou les coordonnées de Green [8]. Pour la génération d'une cage à partir d'un objet donné [9], une première étape du travail a été réalisée afin d'obtenir des cages de résolutions différentes. A noter, que des travaux [10] permettant de gérer de façon cohérente une hiérarchie de cages ont également été effectués.

La seconde mission, après un premier bilan, serait de concevoir un nouveau modèle de déformation. Pour établir les propriétés les plus intéressantes à obtenir, une incursion sera faite du côté des modèles de déformations des surfaces qui prennent en compte les propriétés différentielles [11, 12, 13, 14, 15] des objets pour, par exemple, obtenir des déformations aussi rigides que possible qui conservent les détails de l'objet [16].

Un outil par composition de ces deux types de déformation pourrait être exploré en deux passes [17], une première passe rapide et grossière de déformation de l'espace et une seconde de la surface qui serait grandement simplifiée en partant d'un objet proche de l'objectif. Les rotations pourraient, elles, être gérées à part et globalement afin de ne pas compliquer les systèmes à résoudre.

Une autre possibilité intéressante d'un outil de déformation qui soit une version grossière [18] de l'objet obtenu, par exemple, par simplification, pourrait être exploré.

En complément, un travail sur les objets eux-mêmes pourrait être réalisé. Représentés par des maillages multi résolutions, la résolution des objets pourrait s'adapter automatiquement à la déformation. Le tout sera réalisé dans la plateforme logicielle CGoGN d'IGG avec l'aide d'un ingénieur de recherche de l'équipe.

## Références Bibliographiques

- [1] Bounded biharmonic weights for real-time deformation. JACOBSON, A., BARAN, I., POPOVIC, J., AND SORKINE, O. *ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH)* 30, 4, 78:1–78:8, 2011.
- [2-Bec08] A survey of spatial deformation from a user-centred perspective. J. Gain, D. Bechmann. *ACM TOG Transaction On Graphics*, Volume 27, Number 4, Article 107, 21 pages, October 2008.
- [3] Mean Value Coordinate. Michael S. Floater, *CAGD* 20 (2003)
- [4] Mean Value Coordinate in 3D. Michael S. Floater, *CAGD* 22 (2005)
- [5] Mean Value Coordinate for Arbitrary Planar Polygons. Kai Hormann, Michael S. Floater, *ACM Transactions on Graphics* (2006)
- [6] Mean Value Coordinate for Closed Triangular Meshes. Tao Ju, Scott Schaefer, Joe Warren, *ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH)*, 2005.
- [7] Harmonic coordinates for character articulation. JOSHI, P., MEYER, M., DE ROSE, T., GREEN, B., AND SANOCKI, T. *ACM Transactions on Graphics* 26, 3, 71:1–71:9. 2007.
- [8] Green Coordinates. Yaron Lipman, David Levin, Daniel Cohen-Or, *ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH)*, 2008.
- [9] Automatic Generation of Coarse Bounding Cages from Dense Meshes. Chuhua Xian, Hongwei Lin, Shuming Gao, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SHAPE MODELING AND APPLICATIONS (SMI), 2009.
- [10] \*Cages: A Multi-Level, Multi-Cage Based System for Mesh Deformation. Francisco González García, Teresa Paradinas, Narcis Coll, Gustavo Patow, *ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH)*, 2013.
- [11] Differential coordinates for interactive mesh editing. Lipman Y, Sorkine O, Cohen-Or D, Levin D, Rössl C, Seidel H P. *Shape Modeling International*, Genova, Italy, June 7-9, 2004, pp.181-190.
- [12] Laplacian surface editing. Sorkine O, Lipman Y, Cohen-Or D, Alexa M, Rössl C, Seidel H P. *Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Geometry Processing*, Nice, France, July 8-10, 2004, pp.179-188.
- [13] Mesh editing with poisson-based gradient field manipulation. Yu Y, Zhou K, Xu D, Shi X, Bao H, Guo B, Shum H Y. *ACM Trans. Graph.*, 2004, 23(3): 644-651.
- [14] Laplacian mesh processing. Sorkine O. *Eurographics State-of-the-Art Report*, Dublin, Ireland, 2005.
- [15] Linear rotation-invariant coordinates for meshes. Lipman Y, Sorkine O, Levin D, Cohen-Or D. *ACM SIGGRAPH 2005*, Los Angeles, California, USA, July 31-August 4, 2005, pp.479-487.
- [16] As-rigid-as-possible surface modeling. Sorkine O, Alexa M. *Eurographics Symposium on Geometry Processing (SGP'07)*, Barcelona, Spain, Aire-la-Ville, Switzerland, 2007, pp.109-116.
- [17] Space Deformations, Surface Deformations and the Opportunities In-Between D Cohen-Or - *Journal of computer science and technology* 24(1): 2-5, janvier 2009 - Springer.
- [18] Embedded deformation for shape manipulation. R. Summer, J. Schmid, M. Pauly, *ACM Transactions on Graphics* Vol. 26, No. 3, July 2007.